



(11) EP 0 983 968 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
08.03.2000 Patentblatt 2000/10

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: C02F 1/36, C02F 11/12

(21) Anmeldenummer: 99250308.6

(22) Anmeldetag: 03.09.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 04.09.1998 DE 19842005

(71) Anmelder:  
• FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER  
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.  
80636 München (DE)  
• Dr. Hielscher GmbH  
14513 Teltow (DE)  
• IWE-Ingenieurgesellschaft für Wasser und  
Entsorgung mbH  
01445 Radebeul (DE)

(72) Erfinder:  
• Friedrich, Hannelore, Dr.  
01445 Radebeul (DE)  
• Gerlach, Udo, Dr.  
01827 Birkwitz (DE)  
• Friedrich, Eberhard, Dr.  
01445 Radebeul (DE)  
• Jobst, Karin, Dr.  
01445 Radebeul (DE)  
• Potthoff, Annegret  
01187 Dresden (DE)  
• Hielscher, Harald, Dr.  
14532 Stahnsdorf (DE)

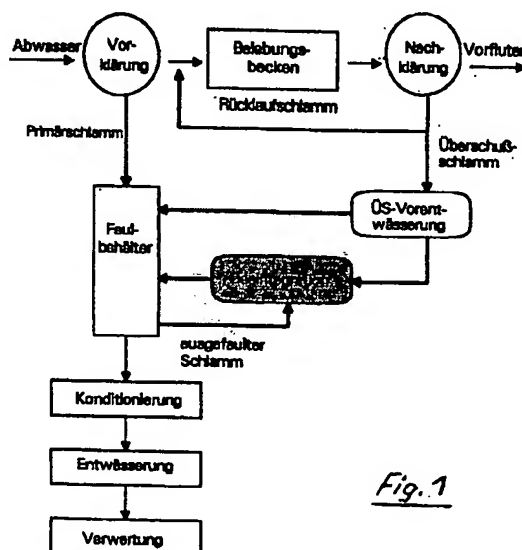
(74) Vertreter:  
Hengelhaupt, Jürgen, Dipl.-Ing. et al  
Patentanwälte  
Gulde Hengelhaupt Ziebig,  
Lützowplatz 11-13  
10785 Berlin (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Behandlung von biologischen Abfällen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Behandlung von biologischen Abfällen, die lebende Mikroorganismen enthalten, unter Verwendung von Ultraschall.

Die Aufgabe der Erfindung, ein gattungsgemäßes Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, mit denen die Nachteile des Standes der Technik vermieden werden und mit denen mit einem gegenüber bekannten Vorschlägen reduzierten Energie- und Ausstattungsanwendung eine reproduzierbare effiziente Behandlung von biologischen Abfällen zur Reduzierung des organischen Trockenrückstandes und eine gegebenenfalls erhöhte Ausbeute an Biogas gewährleistet werden, wird dadurch gelöst, daß von den zu behandelnden biologischen Abfällen eine definierte Teilmenge abgetrennt wird. Die abgetrennte Teilmenge wird in Abhängigkeit von der Art der zu behandelnden Zellen mit einer definierten Ultraschall-Leistung beaufschlagt. Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß diese behandelte Teilmenge den unbehandelten Teil in dessen Stoffwechsel deutlich anregt. Es zeigt sich, daß diese Aktivierung im unmittelbaren Zusammenhang mit der Amplitude des Ultraschalls steht und einstellbar ist. Die Teilmenge mit den teilweise biologisch aktivierten

Zellen wird in die nichtbeschallte Restmenge zurückgeführt, wodurch eine erhöhte biologische Aktivität in den Zellen der Gesamtmenge bewirkt wird.



*Fig. 1*

EP 0 983 968 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Behandlung von biologischen Abfällen, die lebende Mikroorganismen enthalten, gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 7.

[0002] Es sind bereits eine Vielzahl von Verfahren und Vorrichtungen zur Behandlung von biologischen Abfällen wie Klärschlamm mit dem Ziel der Reduzierung des Anfalls und der Kosten für die Entsorgung bekannt.

[0003] Die mechanische Zerkleinerung oder die Desintegration von Klärschlämmen mittels Ultraschall zur Verbesserung der biologischen Abbauvorgänge der Abwasser- und Schlammbehandlung infolge der Zerstörung des organischen Materials und des Aufschlusses der im Schlamm vorhandenen Mikroorganismen ist dabei eine der untersuchten Möglichkeiten.

[0004] In der DE 195 17 381 C1 wird eine Einrichtung zum Zerstören zellulärer Strukturen in Suspensionen von Mikroorganismen, insbesondere in Schlämmen biologischer Kläranlagen, durch Ultraschallbeaufschlagung vorgeschlagen. Es wird ein Reaktor beschrieben, durch den das zu behandelnde Medium geführt wird. In dem Reaktor sollen Agglomerate von im Schlamm befindlicher Biomasse auseinandergerissen werden, wobei die in der Nähe des stabförmigen Ultraschallgebers befindlichen Mikroben aufgeschlossen, d.h. mechanisch zerstört, die weiter entfernt befindlichen Mikroben dagegen zum Wachstum angeregt werden sollen. Der Vorgang kann mehrere Male wiederholt werden, um den Anteil an Biomasse im Schlamm und damit die Menge an Schlamm, der auf herkömmliche Weise kostspielig zu entsorgen ist, weiter zu reduzieren.

[0005] In der EP 0 808 803 A1 werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Desintegration von belebtem Schlamm in einer Kläranlage oder Abwasserreinigungsanlage beschrieben, bei welchem der belebte Schlamm von Bakterien biologisch abgebaut und der daraus entstehende Schlamm in einem Behandlungsgefäß mit Ultraschall beaufschlagt wird, um die Zellwände der Mikroorganismen zu spalten. Das Verfahren beruht auf der Erkenntnis, daß eine wirksame und erfolgreiche Zerstörung der Zellwände des organischen Materials im belebten Schlamm erfolgt, wenn die Ultraschall-Behandlung gegen die Sedimentationsneigung des Klärschlammes im Behälter ansteigend gefördert wird. Die Ultraschall-Quelle, ein stabförmiger Ultraschall-Resonator, soll so angeordnet sein, daß der Klärschlamm diese umgibt und eine Kavitation erzeugt und die abgegebene Energie von der Wand des Behälters reflektiert wird. Die Beschallungs-Leistung wird mit 500 ... 1500 W für die Dauer einer bestimmten Beschallungszeit begrenzt angegeben. Es sind 10...20 Beschallungszyklen mit je 2...4 Minuten Beschallungszeit vorgesehen. Der Ultraschall wird in rechteckigen „Schallpaketen“ im Bereich von 20...25 kHz erzeugt. Die Schallwellen setzen mit voller Leistung ein, werden

für die bestimmte Zeit etwa kontinuierlich abgestrahlt und dann für eine kurze Pause eingestellt. Der Schlamm wird aus dem Becken kontinuierlich abgezogen, durch die Beschallungsvorrichtung geführt und dem Becken wieder zugeführt.

[0006] In der DE 42 05 739 A1 wird ein Verfahren zur Zerstörung der zellulären Struktur von Suspensionen von Mikroorganismen durch Einwirkung von Ultraschall auf die Suspension beschrieben, wobei die Zellstrukturen so zerstört werden, daß weitgehend nur noch die leeren Zellhüllen als absetzbare Stoffe übrig bleiben, während der größte Teil in mikrobiologisch abbaubare kolloidale Lösungen übergeht.

[0007] Bei allen bekannten Verfahren, die Ultraschall zur Behandlung der biologischen Abfälle vorschlagen, wird die Zerstörung der lebenden Zellen zur Grundlage der Behandlung gemacht, wobei die Zerstörung weder ausreichend genau gesteuert noch in den Parametern reproduzierbar ist.

[0008] Aus der JP 10155477 A sind des weiteren ein Verfahren und eine Anordnung zum Abbau von Verseuchungstoffen in Lösungen durch Mikroorganismen unter Verwendung von schwachen Ultraschall-Wellen bekannt. Dabei wird die verseuchte Lösung insgesamt mit schwachen Ultraschall-Wellen mit einer Intensität von  $\leq 1 \text{ Watt/cm}^2$  beschallt. Durch die Beschallung werden die Mikroorganismen schwach angeregt und unterstützen den Abbau der Verseuchungstoffe.

[0009] Bei den vorgeschlagenen Verfahren ist ein Ultraschall-Leistungseintrag für die gesamte zu behandelnde Menge vorgesehen, mit dem der als notwendig erachtete mechanische Zellaufschluß nicht gewährleistet werden kann.

[0010] Der Leistungseintrag erfolgt zu wenig energieeffektiv, dafür aber zu energieaufwendig.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, mit denen die Nachteile des Standes der Technik vermieden werden und mit denen mit einem gegenüber bekannten Vorschlägen reduzierten Energie- und Ausstattungsanfang eine reproduzierbare effiziente Behandlung von biologischen Abfällen zur Reduzierung des organischen Trockenrückstandes und eine gegebenenfalls erhöhte Ausbeute an Biogas gewährleistet werden.

[0012] Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den Merkmalen der Ansprüche 1 und 7. Danach wird von den zu behandelnden biologischen Abfällen eine definierte Teilmenge abgetrennt. Die abgetrennte Teilmenge wird in Abhängigkeit von der Art der zu behandelnden Zellen mit einer definierten Ultraschall-Leistung mit genau definierter hoher Intensität und Energiedichte und mit einer durch Nachregelung konstant gehaltenen Amplitude beaufschlagt. Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß diese behandelte Teilmenge den unbehandelten Teil in dessen Stoffwechsel deutlich anregt, also biologisch aktiviert bzw. katalysiert. Es zeigt sich, daß diese Aktivierung im

unmittelbaren Zusammenhang mit der Amplitude des Ultraschalls steht und einstellbar ist. Die Teilmenge mit der teilweise biologisch aktivierten Zellen wird in die nichtbeschallte Restmenge zurückgeführt, wodurch eine erhöhte biologische Aktivität in den Zellen der Gesamtmenge bewirkt wird.

[0013] Das Verfahren nach der Erfindung ist in einem breiten Spektrum zur Behandlung von biologischen Abfällen anwendbar. Voraussetzung ist das Vorhandensein von lebenden Zellen (Mikroorganismen) in der zu behandelnden Substanz. Die Anwendung bezieht sich daher auf Belebtschlamm, Überschußschlamm, Faulschlamm oder dgl. in Abwasseranlagen. Die Erfindung kann aber auch zur Behandlung von kompostierbaren Abfällen und Gülle eingesetzt werden.

[0014] Durch den definierten, sehr genau reproduzierbaren und an die zu behandelnde Substanz angepassten Ultraschall-Leistungseintrag mit genau definierter hoher Intensität und Energiedichte in eine definierte Teilmenge, der mit einer regelbaren und konstant gehaltenen Amplitude erfolgt, wird eine beschleunigte Aktivierung der Zellen und damit des gesamten Prozesses der Stabilisierung des biologischen Prozesses bewirkt. Die erzielten konstanten physikalischen Bedingungen, u.a. die definierte Beschleunigung der Flüssigkeit, sind die Voraussetzung der effizienten biologischen Aktivitäten, wie zum Beispiel die Anregung des Stoffwechsels der Zellen, die zudem durch die erreichte gleichmäßige Einwirkung über das Volumen und die Verwirbelung durch den Schalldruck unterstützt werden. Der optimale Eintrag des Ultraschalls erfolgt mit den bekannten Durchflußzellen, die eine definierte Zuführung der Flüssigkeit an die Sonotrode gewährleisten.

[0015] Der Aufschluß bzw. die Anregung der Zellen in der Teilmenge bewirkt erhöhte Aktivitäten der freigesetzten Enzyme auf die nichtbehandelten Zellen in der Gesamtmenge nach der Zusammenführung. Die Teilmenge des biologischen Abfalls wird durch den Energieeintrag in einen angeregten Zustand versetzt, der bei der Zusammenführung zu einer Kettenreaktion in der Gesamtmenge führt, die ebenfalls durch einen erhöhten Stoffwechsel biologisch aktiviert wird. Überraschenderweise wird durch die Beschallung einer definierten Teilmenge und deren Rückführung in die unbeschallte Menge eine größere Effizienz erzielt als bei einer Beschallung der Gesamtmenge. Durch ein Minimum an Zellaufschluß bzw. Zellanregung wird ein Maximum an Enzymwirksamkeit im Gesamtsystem erzielt. Bei erhöhten Temperaturen von vorzugsweise 30°C bis 40°C kann diese Aktivität noch gesteigert werden.

[0016] Die in der Gesamtmenge nur zu 3 bis 15% aufgeschlossenen bzw. biologisch angeregten Zellen, es werden die Zellwände „perforiert“ und nicht völlig zerstört, bleiben funktionstüchtig. Die durch Beschallung mit Ultraschall erzielte höhere Konzentration der freigesetzten Enzyme in der umgebenden Flüssigkeit und der daraus resultierende enzymatische Aufschluß bewirkt eine höhere biologische Aktivität der Zellen des

Gesamtsystems. Die Enzymaktivität ist nach der Erfindung einstellbar und wird meßtechnisch erfaßt und danach geregelt.

[0017] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß je nach der Art der biologischen Abfälle die Amplitude der Sonotrode im Bereich von 5 µm bis 100 µm so dimensioniert ist, daß die Amplitude der Sonotrode und damit der Energieeintrag pro Flächeneinheit optimal an den zu behandelnden Abfall angepaßt ist, wobei die Amplitude der Sonotrode gemessen und bei allen Belastungsbedingungen konstant geregelt ist. Die Amplituden und die damit erzielten Schalleistungsdichten sind deutlich größer als in den bekannten Verfahren, was zu einer Verringerung des Energieaufwandes gegenüber den bekannten Verfahren führt.

[0018] Es werden die folgenden Vorteile erzielt:

- Beschleunigung des Abbaus organischer Substanz sowohl bei anaeroben als auch aeroben Abbauprozessen,
- Erhöhung des Abbaus an organischer Substanz um mindestens 20%,
- Erhöhung der Biogasausbeute um mindestens 20% bei anaeroben Prozessen,
- Minimierung des Rückstandes bezüglich Gesamtfeststoffgehalt um mindestens 13%,
- Minimierung des zu entwässernden Reststoffes (z.B. Schlamm),
- Reduzierung der erforderlichen Entwässerungshilfsstoffe und der zu entsorgenden Reststoffe,
- Resultierend aus dem geringeren Zellaufschlußgrad ergibt sich für die Desintegration nur ein geringer Energieaufwand.

[0019] Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0020] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 : den schematischen Aufbau einer kommunalen Kläranlage mit Klärschlammdeintegration und Schlammfäulung und
- Fig. 2 : die schematische Darstellung einer möglichen Einordnung der Desintegration in eine Anlage mit aerober Schlammstabilisierung.

[0021] Die folgenden Beispiele sind Anwendungsbeispiele für das Verfahren nach der Erfindung in unterschiedlichen Stadien der Abwasserbehandlung und bei der Kompostierung von biologischen Abfällen.

#### Beispiel 1:

[0022] Entsprechend der Darstellung in der Fig. 1 wird das mechanisch vorgereinigte Abwasser in einer

Belebtschlammanlage biologisch gereinigt und örtlich oder zeitlich getrennt nachgeklärt. Der anfallende Überschußschlamm wird einer Faulanlage zugeführt.

[0023] Nach der Erfindung wird aus dem voreingedickten Überschußschlamm eine Teilmenge von beispielsweise 30% abgezweigt und in einer Vorrichtung zur Ultraschallbehandlung zugeführt. Die mit einem Energieeintrag von 40 kWh/l behandelte Teilmenge wird vor der Faulanlage mit dem unbehandelten Überschußschlamm vereinigt und nachfolgend in die Faulanlage gefördert (Fig. 1).

[0024] Die durch die Beschallung hervorgerufene erhöhte biologische Aktivität der gesamten Schlammzellen bewirkt einen zusätzlichen Abbau an organischer Substanz von 20% bei gleichzeitiger Erhöhung der Faulgasproduktion. Der Gesamtfeststoffgehalt des ausgefaulten Schlammes wird um ca. 13% reduziert. Nachgeschaltete Prozesse wie Faulschlammmentwässerung und -entsorgung werden positiv beeinflusst und wirtschaftlicher.

#### Beispiel 2:

[0025] Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird der Belebtschlammanlage ein Vorklärbecken vorgeschaltet. Der dort anfallende Vorklärschlamm wird voreingedickt und getrennt vom Überschußschlamm ohne Ultraschallbehandlung in die Faulanlage gefördert. In der Faulanlage erfolgt die gemeinsame Faulung mit dem im Teilstrom ultraschallbehandelten sowie dem unbehandelten Überschußschlamm.

#### Beispiel 3:

[0026] In einer dritten Ausführungsform erfolgt die Ultraschallbehandlung wie im Beispiel 1, der zu beschallende Überschußschlamm wird jedoch auf eine Temperatur von ca. 30°C vorgewärmt. Die dazu erforderliche thermische Energie wird aus dem erhöhten Faulgasanfall gewonnen. Die thermische Vorbehandlung des Schlammes bewirkt, daß die freigesetzten Enzyme noch schneller auf die nichtbehandelten Zellen einwirken können. Der anschließende Abbauprozess in der Faulung wird so zusätzlich beschleunigt. Der weitere Abbau an organischer Substanz gegenüber herkömmlichen Faulprozessen wird um mindestens 30% gesteigert.

#### Beispiel 4:

[0027] Wie in den Ausführungsbeispielen 1 und 2 beschrieben, wird der Überschußschlamm und der Vorklärschlamm in die Faulanlage gefördert, jedoch ohne daß ein Teilstrom des Überschußschlammes mit Ultraschall behandelt wird bevor er in die Faulanlage gelangt.

[0028] Die Erhöhung der biologischen Aktivität im

Faulreaktor wird nach der Erfindung dadurch erzielt, daß ein Teilstrom Faulschlamm aus dem unteren Teil des Faulraumes abgezogen, mit einem Energieeintrag von 30 kWh/l ultraschallbehandelt und anschließend in den oberen Teil des Faulraumes zurückgeführt wird (Fig. 1). Die Fördermenge des Teilstromes beträgt beispielsweise 15% der täglichen Beschickungsmenge.

[0029] Durch die Beschallung werden direkt dem Faulprozeß angepaßte Enzyme freigesetzt, wodurch die biologische Aktivität der Schlammzellen noch schneller aktiviert wird. Der erhöhte Abbau an organischer Substanz erfolgt somit in noch kürzeren Reaktionszeiten als in den Beispielen 1 bis 3.

#### Beispiel 5:

[0030] Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird in einer Belebtschlammanlage mit simultaner aerober Schlammstabilisierung biologisch gereinigt und örtlich oder zeitlich getrennt entsprechend der Darstellung in der Fig. 2 nachgeklärt.

[0031] Bevor der Rücklaufschlamm aus der Nachklärung in die Belebtschlammanlage rückgeführt wird, wird ein Teilstrom von beispielsweise 10% entnommen und in einer Vorrichtung zur Ultraschallbehandlung mit einem Energieeintrag von 10 kWh/l desintegriert. Der so behandelte Teilstrom wird mit dem unbehandelten Rücklaufschlamm vereinigt und nachfolgend in die Belebungsanlage gefördert.

[0032] Wie bereits im Beispiel 4 beschrieben wurde, werden dem aeroben Abbau angepaßte Enzyme freigesetzt, welche die biologische Aktivität des gesamten Belebtschlammes derart stimulieren, daß ein verstärkter Abbau der Biomasse zu verzeichnen ist. Der anfallende Überschußschlamm kann so um ca. 30% verringert werden.

#### Beispiel 6:

[0033] Bei der anaeroben Kompostierung werden durch Vergärung von organischem Material unter Luftabschluß Biogas und kompostähnliche Reststoffe hergestellt. Das zu kompostierende organische Material wird in einem Auflösebehälter unter Zugabe von Wasser hydrolysiert bzw. angemaischt und dem Methanreaktor zur Vergärung zugeführt. Nach einer Vergärung von ca. 12 Tagen werden nicht abgebaute Feststoffe abgetrennt und einer aeroben Nachrotte zugeführt.

[0034] Ein Teilstrom von 20% der zu vergärenden Suspension wird vor Zugabe in den Reaktor mittels Ultraschalltechnik bei einem spezifischen Energieeintrag von 20 kWh/l desintegriert. Die damit verbundene Freisetzung von Enzymen begünstigt das aerobe Abbauverhalten, der Anteil an nicht abgebautem organischen Material kann um 25% reduziert werden. Der erhöhte Abbau ist mit einer erhöhten Biogasbildung von 25% verbunden, das zu einer zusätzlichen Stromerzeugung oder Wärmegewinnung genutzt werden kann. Der

erhöhte Abbau an organischem Material während der anaeroben Phase hat weiterhin zur Folge, daß der Anteil an aerob nachzubehandelndem Material reduziert wird.

#### Beispiel 7:

**[0035]** Bei einer Anlage zur aeroben Kompostierung wird mit Gülle kompostiert, die aufgrund des hohen Wassergehaltes von ca. 98% zum Teil gleichzeitig zur Bewässerung der Mieten dient.

**[0036]** Von der zur Bewässerung genutzten Menge wird eine Teilmenge von 25% bei einem spezifischen Energieeintrag von 10 kW<sub>s</sub>/l mittels Ultraschall behandelt und anschließend mit der unbehandelten Menge vermischt. Durch die Zusammenführung wird der Stoffwechsel in der Gesamtmenge aktiviert, was durch eine erhöhte Enzymaktivität zum Ausdruck kommt. Das erzeugte Güllegemisch wird gleichmäßig auf die vorhandenen Mieten verteilt. Die bereits in den Mieten vorhandenen Mikroorganismen werden so ebenfalls angeregt und bewirken einen erhöhten biologischen Abbau des zu kompostierenden Materials. Das Resultat der Behandlung ist eine Reduzierung der sonst üblichen Rottezeit um 25%.

**[0037]** Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Vielmehr ist es möglich, durch Kombination der Merkmale weitere Ausführungsbeispiele zu realisieren, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung von biologischen Abfällen, die lebende Mikroorganismen enthalten, unter Verwendung von Ultraschall, dadurch gekennzeichnet, daß von den biologischen Abfällen eine definierte Teilmenge abgetrennt wird,

daß in die Teilmenge in Abhängigkeit von der Art der zu behandelnden Zellen eine definierte Ultraschall-Leistung mit genau definierter hoher Intensität und Energiedichte und mit einer geregelten und konstant gehaltenen Amplitude eingetragen wird, welche die biologisch wirksamen Zellen in der Teilmenge in ihrem Stoffwechsel anregt, also biologisch aktiviert,

daß die Teilmenge mit den teilweise biologisch aktivierten Zellen in die nichtbeschallte Restmenge zur Ausgangsmenge der biologischen Abfälle zurückgeführt wird, wodurch eine erhöhte biologische Aktivität in den Zellen der Gesamtmenge bewirkt wird.

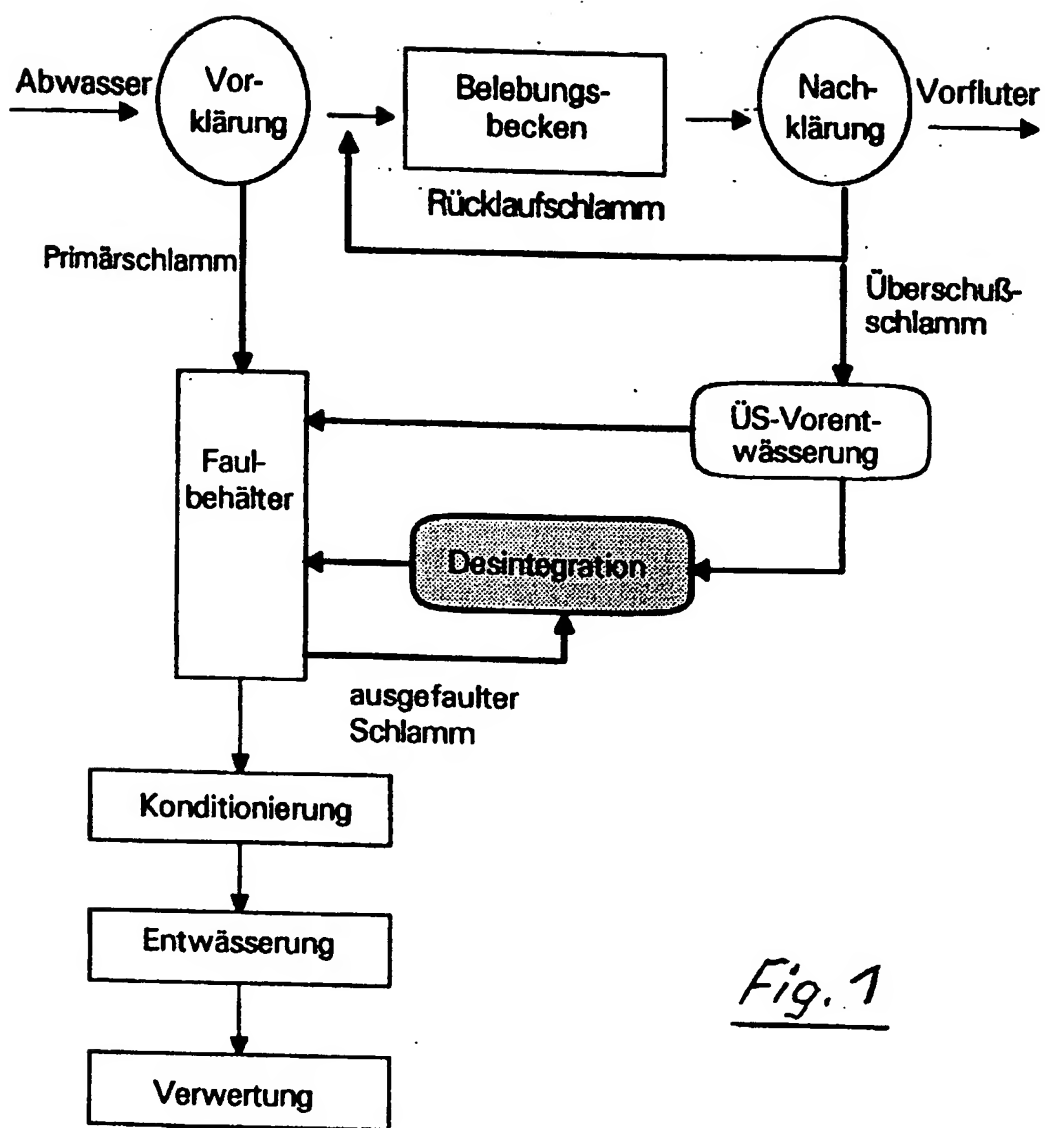
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß von der Gesamt-

menge der biologischen Abfälle 5% bis 45%, vorzugsweise 30%, als Teilmenge abgezweigt werden,

daß 5% bis 50%, vorzugsweise 20%, der biologisch wirksamen Zellen in der Teilmenge durch Ultraschall biologisch aktiviert werden, so daß in der Ausgangsgesamtmenge 3% bis 15% der biologisch wirksamen Zellen in ihrem Stoffwechsel angeregt werden,

daß in die Teilmenge 1 kW<sub>s</sub>/l bis 100 kW<sub>s</sub>/l, vorzugsweise 15 kW<sub>s</sub>/l bis 30 kW<sub>s</sub>/l, Ultraschall-Leistung mit konstanter Amplitude bei einer erhöhten Temperatur der biologischen Abfälle von 3°C bis 55°C, vorzugsweise 30°C bis 40°C, eingetragen werden.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschall-Leistung kontinuierlich in die Teilmenge während der Verweilzeit eingebracht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschall-Leistung während der Verweilzeit mit konstanter Amplitude von 5 µm bis 100 µm mit genau definierter Intensität von 3 W/cm<sup>2</sup> bis 150 W/cm<sup>2</sup>, vorzugsweise von 30 W/cm<sup>2</sup> bis 80 W/cm<sup>2</sup>, eingebracht wird.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die abgezweigte Teilmenge der biologischen Abfälle durch Glasrohre geleitet und die Ultraschall-Leistung über kurze Sonotroden mit hoher Schallintensität eingebracht wird.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der biologischen Gesamtaktivität Enzyme extern zugeführt werden.
7. Vorrichtung zur Behandlung von biologischen Abfällen, mit einem Behandlungsbehälter und einer damit verbundenen Ultraschall-Sonotrode, dadurch gekennzeichnet, daß je nach Art der biologischen Abfälle die Amplitude der Sonotrode im Bereich von 5 µm bis 100 µm so dimensioniert ist, daß die Amplitude der Sonotrode und damit der Energieeintrag pro Flächeneinheit optimal an den zu behandelnden Abfall angepaßt ist, wobei die Amplitude der Sonotrode gemessen und bei allen Belastungsbedingungen konstant geregelt ist.

Fig. 1

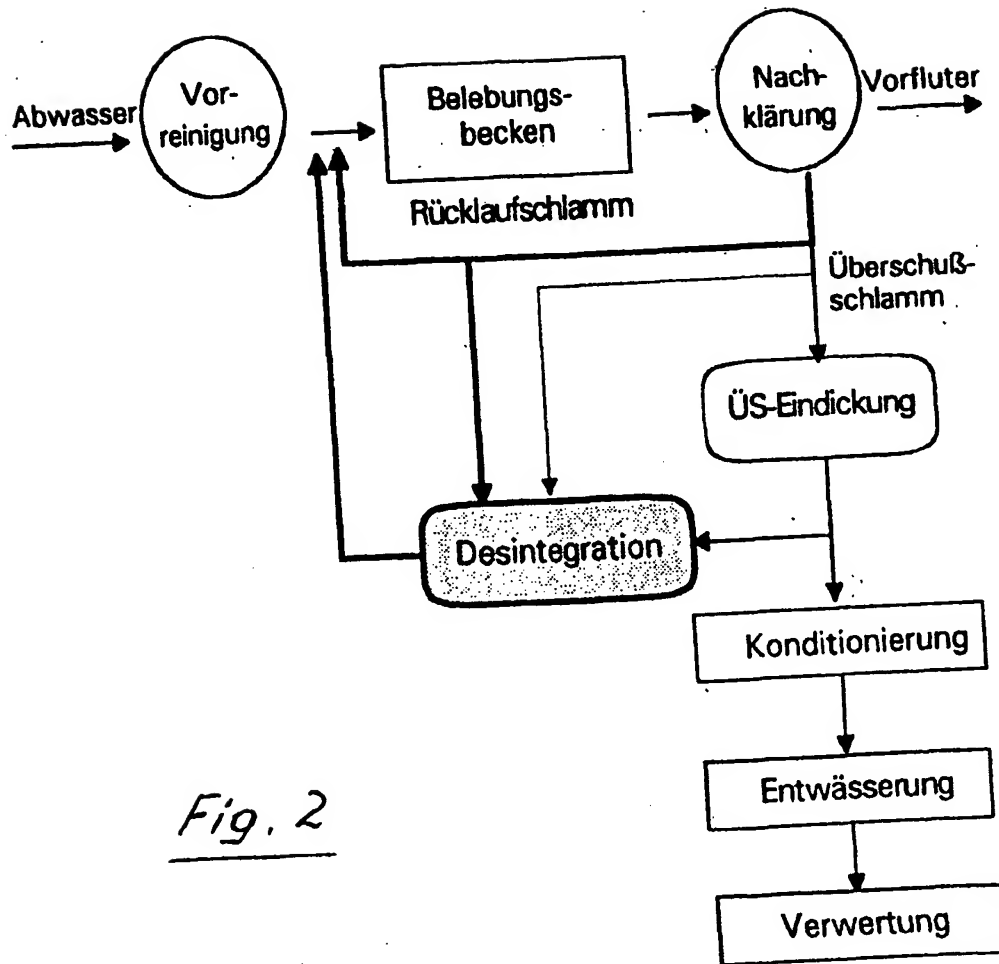


Fig. 2

## Process and apparatus for treating wastes of biological origin

Patent Number: EP0983968

Publication date: 2000-03-08

Inventor(s): FRIEDRICH EBERHARD DR (DE); HIELSCHER HARALD DR (DE); POTTHOFF ANNEGRET (DE); GERLACH UDO DR (DE); JOBST KARIN DR (DE); FRIEDRICH HANNELORE DR (DE)

Applicant(s): HIELSCHER GMBH (DE); FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE); IWE WIRTSCHAFTL ENERGIE NUTZUNG (DE)

Requested Patent: EP0983968, A3

Application Number: EP19990250308 19990903

Priority Number (s): DE19981042005 19980904

IPC Classification: C02F1/36; C02F11/12

EC Classification: C02F3/34; C02F1/36; C02F3/30

Equivalents: DE19842005

Cited Documents: US4200524; US5068036; EP0808803; WO9941205; JP11128975

### Abstract

A biological process and assembly treat a quantity of effluent wastes from which a defined quantity is taken. The separated quantity is then exposed to energy radiation, the exact intensity of which depends upon the nature of the cells under treatment. The degree of activation is directly related to the amplitude of the ultrasonic energy, and is adjustable. The separated quantity is then returned to and mixed with the original batch from which it was removed, where it activates metabolism of the full batch.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

### Description

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Behandlung von biologischen Abfällen, die lebende Mikroorganismen enthalten, gemäss den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 7.

[0002] Es sind bereits eine Vielzahl von Verfahren und Vorrichtungen zur Behandlung von biologischen Abfällen wie Klärschlamm mit dem Ziel der Reduzierung des Anfalls und der Kosten für die Entsorgung bekannt.

[0003] Die mechanische Zerkleinerung oder die Desintegration von Klärschlämmen mittels Ultraschall zur Verbesserung der biologischen Abbauvorgänge der Abwasser- und Schlammbehandlung infolge der Zerstörung des organischen Materials und des Aufschlusses der im Schlamm vorhandenen Mikroorganismen ist dabei eine der untersuchten Möglichkeiten.

[0004] In der DE 195 17 381 C1 wird eine Einrichtung zum Zerstören zellulärer Strukturen in Suspensionen von Mikroorganismen, insbesondere in Schlämmen biologischer Kläranlagen, durch



Ultraschallbeaufschlagung vorgeschlagen. Es wird ein Reaktor beschrieben, durch den das zu behandelnde Medium geführt wird. In dem Reaktor sollen Agglomerate von im Schlamm befindlicher Biomasse auseinandergerissen werden, wobei die in der Nähe des stabförmigen Ultraschallgebers befindlichen Mikroben aufgeschlossen, d.h. mechanisch zerstört, die weiter entfernt befindlichen Mikroben dagegen zum Wachstum angeregt werden sollen. Der Vorgang kann mehrere Male wiederholt werden, um den Anteil an Biomasse im Schlamm und damit die Menge an Schlamm, der auf herkömmliche Weise kostspielig zu entsorgen ist, weiter zu reduzieren.

[0005] In der EP 0 808 803 A1 werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Desintegration von belebtem Schlamm in einer Kläranlage oder Abwasserreinigungsanlage beschrieben, bei welchem der belebte Schlamm von Bakterien biologisch abgebaut und der daraus entstehende Schlamm in einem Behandlungsgefäß mit Ultraschall beaufschlagt wird, um die Zellwände der Mikroorganismen zu spalten. Das Verfahren beruht auf der Erkenntnis, dass eine wirksame und erfolgreiche Zerstörung der Zellwände des organischen Materials im belebten Schlamm erfolgt, wenn die Ultraschall-Behandlung gegen die Sedimentationsneigung des Klärschlammes im Behälter ansteigend gefördert wird. Die Ultraschall-Quelle, ein stabförmiger Ultraschall-Resonator, soll so angeordnet sein, dass der Klärschlamm diese umgibt und eine Kavitation erzeugt und die abgegebene Energie von der Wand des Behältnisses reflektiert wird. Die Beschallungs-Leistung wird mit 500 ... 1500 W für die Dauer einer bestimmten Beschallungszeit begrenzt angegeben. Es sind 10...20 Beschallungszyklen mit je 2...4 Minuten Beschallungszeit vorgesehen. Der Ultraschall wird in rechteckigen

Schallpaketen im Bereich von 20...25 kHz erzeugt. Die Schallwellen setzen mit voller Leistung ein, werden für die bestimmte Zeit etwa kontinuierlich abgestrahlt und dann für eine kurze Pause eingestellt. Der Schlamm wird aus dem Becken kontinuierlich abgezogen, durch die Beschallungsvorrichtung geführt und dem Becken wieder zugeführt.

[0006] In der DE 42 05 739 A1 wird ein Verfahren zur Zerstörung der zellulären Struktur von Suspensionen von Mikroorganismen durch Einwirkung von Ultraschall auf die Suspension beschrieben, wobei die Zellstrukturen so zerstört werden, dass weitgehend nur noch die leeren Zellhüllen als absetzbare Stoffe übrig bleiben, während der grösste Teil in mikrobiologisch abbaubare kolloidale Lösungen übergeht.

[0007] Bei allen bekannten Verfahren, die Ultraschall zur Behandlung der biologischen Abfälle vorschlagen, wird die Zerstörung der lebenden Zellen zur Grundlage der Behandlung gemacht, wobei die Zerstörung weder ausreichend genau gesteuert noch in den Parametern reproduzierbar ist.

[0008] Aus der JP 10155477 A sind des weiteren ein Verfahren und eine Anordnung zum Abbau von Verseuchungstoffen in Lösungen durch Mikroorganismen unter Verwendung von schwachen Ultraschall-Wellen bekannt. Dabei wird die verseuchte Lösung insgesamt mit schwachen Ultraschall-Wellen mit einer Intensität von  $\leq 1$  Watt/cm beschallt. Durch die Beschallung werden die Mikroorganismen schwach angeregt und unterstützen den Abbau der Verseuchungstoffe.

[0009] Bei den vorgeschlagenen Verfahren ist ein Ultraschall-Leistungseintrag für die gesamte zu behandelnde Menge vorgesehen, mit dem der als notwendig erachtete mechanische Zellaufschluss nicht gewährleistet werden kann.

[0010] Der Leistungseintrag erfolgt zu wenig energiewirksam, dafür aber zu energieaufwendig.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, ein gattungsgemässes Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, mit denen die Nachteile des Standes der Technik vermieden werden und mit denen mit einem gegenüber bekannten Vorschlägen reduzierten Energie- und Ausrüstungsaufwand eine reproduzierbare effiziente Behandlung von biologischen Abfällen zur Reduzierung des organischen Trockenrückstandes und eine gegebenenfalls erhöhte Ausbeute an Biogas gewährleistet werden.

[0012] Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den Merkmalen der Ansprüche 1 und 7. Danach wird von den zu behandelnden biologischen Abfällen eine definierte Teilmenge abgetrennt. Die abgetrennte Teilmenge wird in Abhängigkeit von der Art der zu behandelnden Zellen mit einer definierten Ultraschall-Leistung mit genau definierter hoher Intensität und Energiedichte und mit einer durch Nachregelung konstant gehaltenen Amplitude beaufschlagt. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass diese behandelte Teilmenge den unbehandelten Teil in dessen Stoffwechsel deutlich anregt, also biologisch aktiviert bzw. katalysiert. Es zeigt sich, dass diese Aktivierung im unmittelbaren Zusammenhang mit der

Amplitude des Ultraschalls steht und einstellbar ist. Die Teilmenge mit den teilweise biologisch aktivierten Zellen wird in die nichtbeschallte Restmenge zurückgeführt, wodurch eine erhöhte biologische Aktivität in den Zellen der Gesamtmenge bewirkt wird.

[0013] Das Verfahren nach der Erfindung ist in einem breiten Spektrum zur Behandlung von biologischen Abfällen anwendbar. Voraussetzung ist das Vorhandensein von lebenden Zellen (Mikroorganismen) in der zu behandelnden Substanz. Die Anwendung bezieht sich daher auf Belebtschlämme, Überschussschlamm, Faulschlamm oder dgl. in Abwasseranlagen. Die Erfindung kann aber auch zur Behandlung von kompostierbaren Abfällen und Gülle eingesetzt werden.

[0014] Durch den definierten, sehr genau reproduzierbaren und an die zu behandelnde Substanz angepassten Ultraschall-Leistungseintrag mit genau definierter hoher Intensität und Energiedichte in eine definierte Teilmenge, der mit einer regelbaren und konstant gehaltenen Amplitude erfolgt, wird eine beschleunigte Aktivierung der Zellen und damit des gesamten Prozesses der Stabilisierung des biologischen Prozesses bewirkt. Die erzielten konstanten physikalischen Bedingungen, u.a. die definierte Beschleunigung der Flüssigkeit, sind die Voraussetzung der effizienten biologischen Aktivitäten, wie zum Beispiel die Anregung des Stoffwechsels der Zellen, die zudem durch die erreichte gleichmässige Einwirkung über das Volumen und die Verwirbelung durch den Schalldruck unterstützt werden. Der optimale Eintrag des Ultraschalls erfolgt mit den bekannten Durchflusszellen, die eine definierte Zuführung der Flüssigkeit an die Sonotrode gewährleisten.

[0015] Der Aufschluss bzw. die Anregung der Zellen in der Teilmenge bewirkt erhöhte Aktivitäten der freigesetzten Enzyme auf die nichtbehandelten Zellen in der Gesamtmenge nach der Zusammenführung. Die Teilmenge des biologischen Abfalls wird durch den Energieeintrag in einen angeregten Zustand versetzt, der bei der Zusammenführung zu einer Kettenreaktion in der Gesamtmenge führt, die ebenfalls durch einen erhöhten Stoffwechsel biologisch aktiviert wird. Überraschenderweise wird durch die Beschallung einer definierten Teilmenge und deren Rückführung in die unbeschallte Menge eine grössere Effizienz erzielt als bei einer Beschallung der Gesamtmenge. Durch ein Minimum an Zellaufschluss bzw. Zellanregung wird ein Maximum an Enzymwirksamkeit im Gesamtsystem erzielt. Bei erhöhten Temperaturen von vorzugsweise 30 DEG C bis 40 DEG C kann diese Aktivität noch gesteigert werden.

[0016] Die in der Gesamtmenge nur zu 3 bis 15% aufgeschlossenen bzw. biologisch angeregten Zellen, es werden die Zellwände perforiert und nicht völlig zerstört, bleiben funktionsfähig. Die durch Beschallung mit Ultraschall erzielte höhere Konzentration der freigesetzten Enzyme in der umgebenden Flüssigkeit und der daraus resultierende enzymatische Aufschluss bewirkt eine höhere biologische Aktivität der Zellen des Gesamtsystems. Die Enzymaktivität ist nach der Erfindung einstellbar und wird messtechnisch erfasst und danach geregelt.

[0017] Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass je nach der Art der biologischen Abfälle die Amplitude der Sonotrode im Bereich von 5  $\mu$ m bis 100  $\mu$ m so dimensioniert ist, dass die Amplitude der Sonotrode und damit der Energieeintrag pro Flächeneinheit optimal an den zu behandelnden Abfall angepasst ist, wobei die Amplitude der Sonotrode gemessen und bei allen Belastungsbedingungen konstant geregelt ist. Die Amplituden und die damit erzielten Schalleistungsdichten sind deutlich grösser als in den bekannten Verfahren, was zu einer Verringerung des Energieaufwandes gegenüber den bekannten Verfahren führt.

[0018] Es werden die folgenden Vorteile erzielt:

Beschleunigung des Abbaus organischer Substanz sowohl bei anaeroben als auch aeroben Abbauprozessen,  
 Erhöhung des Abbaus an organischer Substanz um mindestens 20%,  
 Erhöhung der Biogasausbeute um mindestens 20% bei anaeroben Prozessen,  
 Minimierung des Rückstandes bezüglich Gesamtfeststoffgehalt um mindestens 13%,  
 Minimierung des zu entwässernden Reststoffes (z.B. Schlamm),  
 Reduzierung der erforderlichen Entwässerungshilfsstoffe und der zu entsorgenden Reststoffe,  
 Resultierend aus dem geringeren Zellaufschlussgrad ergibt sich für die Desintegration nur ein geringer Energieaufwand.

[0019] Zweckmässige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0020] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 : den schematischen Aufbau einer kommunalen Kläranlage mit Klärschlamm-desintegration und Schlammfäulung und

Fig. 2 : die schematische Darstellung einer möglichen Einordnung der Desintegration in eine Anlage mit aerober Schlammstabilisierung.

[0021] Die folgenden Beispiele sind Anwendungsbeispiele für das Verfahren nach der Erfindung in unterschiedlichen Stadien der Abwasserbehandlung und bei der Kompostierung von biologischen Abfällen.

#### Beispiel 1:

[0022] Entsprechend der Darstellung in der Fig. 1 wird das mechanisch vorgereinigte Abwasser in einer Belebtschlammanlage biologisch gereinigt und örtlich oder zeitlich getrennt nachgeklärt. Der anfallende Überschussschlamm wird einer Faulanlage zugeführt.

[0023] Nach der Erfindung wird aus dem voreingedickten Überschussschlamm eine Teilmenge von beispielsweise 30% abgezweigt und einer Vorrichtung zur Ultraschallbehandlung zugeführt. Die mit einem Energieeintrag von 40 kW<sub>s</sub>/l behandelte Teilmenge wird vor der Faulanlage mit dem unbehandelten Überschussschlamm vereinigt und nachfolgend in die Faulanlage gefördert (Fig. 1).

[0024] Die durch die Beschallung hervorgerufene erhöhte biologische Aktivität der gesamten Schlammzellen bewirkt einen zusätzlichen Abbau an organischer Substanz von 20% bei gleichzeitiger Erhöhung der Faulgasproduktion. Der Gesamtfeststoffgehalt des ausgefaulten Schlammes wird um ca. 13% reduziert. Nachgeschaltete Prozesse wie Faulschlammmentwässerung und -entsorgung werden positiv beeinflusst und wirtschaftlicher.

#### Beispiel 2:

[0025] Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird der Belebtschlammanlage ein Vorklärbecken vorgeschaltet. Der dort anfallende Vorklärschlamm wird voreingedickt und getrennt vom Überschussschlamm ohne Ultraschallbehandlung in die Faulanlage gefördert. In der Faulanlage erfolgt die gemeinsame Faulung mit dem im Teilstrom ultraschallbehandelten sowie dem unbehandelten Überschussschlamm.

#### Beispiel 3:

[0026] In einer dritten Ausführungsform erfolgt die Ultraschallbehandlung wie im Beispiel 1, der zu beschallende Überschussschlamm wird jedoch auf eine Temperatur von ca. 30 DEG C vorgewärmt. Die dazu erforderliche thermische Energie wird aus dem erhöhten Faulgasanfall gewonnen. Die thermische Vorbehandlung des Schlammes bewirkt, dass die freigesetzten Enzyme noch schneller auf die nichtbehandelten Zellen einwirken können. Der anschliessende Abbauprozess in der Faulung wird so zusätzlich beschleunigt. Der weitere Abbau an organischer Substanz gegenüber herkömmlichen Faulprozessen wird um mindestens 30% gesteigert.

#### Beispiel 4:

[0027] Wie in den Ausführungsbeispielen 1 und 2 beschrieben, wird der Überschussschlamm und der Vorklärschlamm in die Faulanlage gefördert, jedoch ohne dass ein Teilstrom des Überschussschlammes mit Ultraschall behandelt wird bevor er in die Faulanlage gelangt.

[0028] Die Erhöhung der biologischen Aktivität im Faulreaktor wird nach der Erfindung dadurch erzielt, dass ein Teilstrom Faulschlamm aus dem unteren Teil des Faulraumes abgezogen, mit einem Energieeintrag von 30 kW/l ultraschallbehandelt und anschliessend in den oberen Teil des Faulraumes zurückgeführt wird (Fig. 1). Die Fördermenge des Teilstromes beträgt beispielsweise 15% der täglichen Beschickungsmenge.

[0029] Durch die Beschallung werden direkt dem Faulprozess angepasste Enzyme freigesetzt, wodurch die biologische Aktivität der Schlammzellen noch schneller aktiviert wird. Der erhöhte Abbau an organischer Substanz erfolgt somit in noch kürzeren Reaktionszeiten als in den Beispielen 1 bis 3.

#### Beispiel 5:

[0030] Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird in einer Belebtschlammanlage mit simultaner aerober Schlammstabilisierung biologisch gereinigt und örtlich oder zeitlich getrennt entsprechend der Darstellung in der Fig. 2 nachgeklärt.

[0031] Bevor der Rücklaufschlamm aus der Nachklärung in die Belebtschlammanlage rückgeführt wird, wird ein Teilstrom von beispielsweise 10% entnommen und in einer Vorrichtung zur Ultraschallbehandlung mit einem Energieeintrag von 10 kW/l desintegriert. Der so behandelte Teilstrom wird mit dem unbehandelten Rücklaufschlamm vereinigt und nachfolgend in die Belebungsanlage gefördert.

[0032] Wie bereits im Beispiel 4 beschrieben wurde, werden dem aeroben Abbau angepasste Enzyme freigesetzt, welche die biologische Aktivität des gesamten Belebtschlammes derart stimulieren, dass ein verstärkter Abbau der Biomasse zu verzeichnen ist. Der anfallende Überschussschlamm kann so um ca. 30% verringert werden.

#### Beispiel 6:

[0033] Bei der anaeroben Kompostierung werden durch Vergärung von organischem Material unter Luftabschluss Biogas und kompostähnliche Reststoffe hergestellt. Das zu kompostierende organische Material wird in einem Auflösebehälter unter Zugabe von Wasser hydrolysiert bzw. angemaischt und dem Methanreaktor zur Vergärung zugeführt. Nach einer Vergärung von ca. 12 Tagen werden nicht abgebaute Feststoffe abgetrennt und einer aeroben Nachrotte zugeführt.

[0034] Ein Teilstrom von 20% der zu vergärenden Suspension wird vor Zugabe in den Reaktor mittels Ultraschalltechnik bei einem spezifischen Energieeintrag von 20 kW/l desintegriert. Die damit verbundene Freisetzung von Enzymen begünstigt das aerobe Abbauverhalten, der Anteil an nicht abgebautem organischen Material kann um 25% reduziert werden. Der erhöhte Abbau ist mit einer erhöhten Biogasbildung von 25% verbunden, das zu einer zusätzlichen Stromerzeugung oder Wärmergewinnung genutzt werden kann. Der erhöhte Abbau an organischem Material während der anaeroben Phase hat weiterhin zur Folge, dass der Anteil an aerob nachzubehandelndem Material reduziert wird.

#### Beispiel 7:

[0035] Bei einer Anlage zur aeroben Kompostierung wird mit Gülle kompostiert, die aufgrund des hohen Wassergehaltes von ca. 98% zum Teil gleichzeitig zur Bewässerung der Mieten dient.

[0036] Von der zur Bewässerung genutzten Menge wird eine Teilmenge von 25% bei einem spezifischen Energieeintrag von 10 kW/l mittels Ultraschall behandelt und anschliessend mit der unbehandelten Menge vermischt. Durch die Zusammenführung wird der Stoffwechsel in der Gesamtmenge aktiviert, was durch

eine erhöhte Enzymaktivität zum Ausdruck kommt. Das erzeugte Güllegemisch wird gleichmässig auf die vorhandenen Mieten verteilt. Die bereits in den Mieten vorhandenen Mikroorganismen werden so ebenfalls angeregt und bewirken einen erhöhten biologischen Abbau des zu kompostierenden Materials. Das Resultat der Behandlung ist eine Reduzierung der sonst üblichen Rottezeit um 25%.

[0037] Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Vielmehr ist es möglich, durch Kombination der Merkmale weitere Ausführungsbeispiele zu realisieren, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

## Claims

1. Verfahren zur Behandlung von biologischen Abfällen, die lebende Mikroorganismen enthalten, unter Verwendung von Ultraschall, dadurch gekennzeichnet, dass von den biologischen Abfällen eine definierte Teilmenge abgetrennt wird,

dass in die Teilmenge in Abhängigkeit von der Art der zu behandelnden Zellen eine definierte Ultraschall-Leistung mit genau definierter hoher Intensität und Energiedichte und mit einer geregelten und konstant gehaltenen Amplitude eingetragen wird, welche die biologisch wirksamen Zellen in der Teilmenge in ihrem Stoffwechsel anregt, also biologisch aktiviert, dass die Teilmenge mit den teilweise biologisch aktivierten Zellen in die nichtbeschallte Restmenge zur Ausgangsmenge der biologischen Abfälle zurückgeführt wird, wodurch eine erhöhte biologische Aktivität in den Zellen der Gesamtmenge bewirkt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von der Gesamtmenge der biologischen Abfälle 5% bis 45%, vorzugsweise 30%, als Teilmenge abgezweigt werden,

dass 5% bis 50%, vorzugsweise 20%, der biologisch wirksamen Zellen in der Teilmenge durch Ultraschall biologisch aktiviert werden, so dass in der Ausgangsgesamtmenge 3% bis 15% der biologisch wirksamen Zellen in ihrem Stoffwechsel angeregt werden, dass in die Teilmenge 1 kW/l bis 100 kW/l, vorzugsweise 15 kW/l bis 30 kW/l, Ultraschall-Leistung mit konstanter Amplitude bei einer erhöhten Temperatur der biologischen Abfälle von 3 DEG C bis 55 DEG C, vorzugsweise 30 DEG C bis 40 DEG C, eingetragen werden.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschall-Leistung kontinuierlich in die Teilmenge während der Verweilzeit eingebracht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschall-Leistung während der Verweilzeit mit konstanter Amplitude von 5 mu m bis 100 mu m mit genau definierter Intensität von 3 W/cm bis 150 W/cm, vorzugsweise von 30 W/cm bis 80 W/cm, eingebracht wird.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die abgezweigte Teilmenge der biologischen Abfälle durch Glasrohre geleitet und die Ultraschall-Leistung über kurze Sonotroden mit hoher Schallintensität eingebracht wird.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der biologischen Gesamtaktivität Enzyme extern zugeführt werden.

7. Vorrichtung zur Behandlung von biologischen Abfällen, mit einem Behandlungsbehälter und einer damit

6/27/2003

verbundenen Ultraschall-Sonotrode,  
dadurch gekennzeichnet, dass

je nach Art der biologischen Abfälle die Amplitude der Sonotrode im Bereich von 5  $\mu$ m bis 100  $\mu$ m so dimensioniert ist, dass die Amplitude der Sonotrode und damit der Energieeintrag pro Flächeneinheit optimal an den zu behandelnden Abfall angepasst ist, wobei die Amplitude der Sonotrode gemessen und bei allen Belastungsbedingungen konstant geregelt ist.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2